Kohlendioxid bei Kindern unter der Gesichtsmaske – eine experimentelle Messstudie

**Harald Walach PhD (1), Ronald Weikl MD (2), Juliane Prentice BA (3), Andreas Diemer PhD MD (4), Helmut Traindl PhD (5), Anna Kappes MA (6),
Stefan Hockertz PhD (7)**

1 Poznan University of the Medical Sciences, Pediatric Clinic, Poznan, Poland

2 Obstetric, Gynecological and General Practice, Passau, Germany

3 Psychotherapeutic Practice, Müllheim, Germany

4 General Practice, Gernsbach, Germany

5 Traindl-consult, Vienna, Austria

6 Psychotherapeutic Practice for Children and Youth, Müllheim, Germany

7 tpi consult GmbH, Bollschweil, Germany

Datum: 5. Juni 2021

Korrespondenz:

Prof. Harald Walach

Schönwalder Str. 17

D – 13347 Berlin

+49 30 467 97 436

harald.walach@uni-wh.de

Key Words: Covid-19, face masks, children, carbon dioxide, breathing, CO_2, randomized study

Dies ist die deutsche Übersetzung eines auf Englisch zur Publikation akzeptierten Berichtes. Er erscheint bei JAMA Pediatrics

Einleitung

Viele Regierungen haben eine Mund-Nasen-Bedeckung (MNB) oder Gesichtsmaske für Schulkinder verpflichtend gemacht. Die Datenlage dazu ist schwach. [1,2] Die Frage, ob sich unter MNB Kohlendioxid in der eingeatmeten Luft ansammelt ist zentral. Eine große deutsche Befragung zu Nebenwirkungen von MNB bei 25'930 Kindern und deren Eltern hat gezeigt, dass 68% der Kinder über Probleme berichten.[3] Der normale Kohlendioxidgehalt der Atemluft im Freien ist etwa 0.04 Volumen % (also 400 parts per million/ppm). 0.2 Vol% oder 2'000 ppm ist lt. Umweltbundesamt die Obergrenze dessen, was in geschlossenen Räumen noch gesundheitlich akzeptabel ist. Alles, was darüber hinaus geht, ist inakzeptabel.[4]

Methode

Wir maßen den Kohlendioxidgehalt der eingeatmeten Luft ohne und mit unterschiedlichen Arten von MNB in einer gut kontrollierten, balancierten, experimentellen Kurzzeitstudie bei 45 gesunden, freiwillig teilnehmenden Kindern (siehe Supplement der Originalpublikation). Die Studie erhielt ethische Freigabe von der Ethikkommission der Universität Witten/Herdecke (Universität Witten/Herdecke, # 22/2021). Alle Kinder und bei den unter 16 Jährigen auch die Eltern gaben ihr schriftliches Einverständnis.

Drei Minuten lang wurde der CO_2-Gehalt der Atemluft ohne Maske gemessen (Baseline) und dann unter der Gesichtsmaske je 3 Minuten CO_2-Gehalt in der gemeinsamen ein- und ausgeatmeten Luft, 3 Minuten während der Einatmung und 3 Minuten während der Ausatmung, also 9 Minuten Messung unter der ersten Gesichtsmaske. Dann wurde die Maske gewechselt und die Prozedur wiederholte sich. Am Ende wurde nochmals während 3 Minuten der CO_2-Gehalt gemessen (Post-Baseline). Jedes Kind wurde unter einer FFP2-Maske und unter einer OP-Maske gemessen. Der CO_2-Gehalt der Umgebungsluft wurde durch häufiges Lüften unter 0,1 Vol% gehalten und separat parallel gemessen. Die Reihenfolge der Masken wurde randomisiert, die Randomisierungsreihenfolge war verblindet. Die Randomisierung erfolgte stratifiziert nach Alter. Wir analysierten die Daten mit einem linearen Modell für Messwiederholungen mit $p < .05$ als Signifikanzgrenze. Das Protokoll wurde vorher erstellt und publiziert.[5]

Ergebnisse

Das mittlere Alter der 45 Kinder lag bei 10.73 Jahren (Standardabweichung: 2.63; Spannweite 6 – 17), 20 waren Mädchen, 25 waren Jungen. Die Messergebnisse sind in der Tabelle dargestellt.

Tabelle – CO_2 Gehalt (Vol%) der Atemluft unter verschiedenen Bedingungen: Mittelwerte, (Standardabweichungen-SD), [95% Vertrauensintervalle], Minima und Maxima, n;

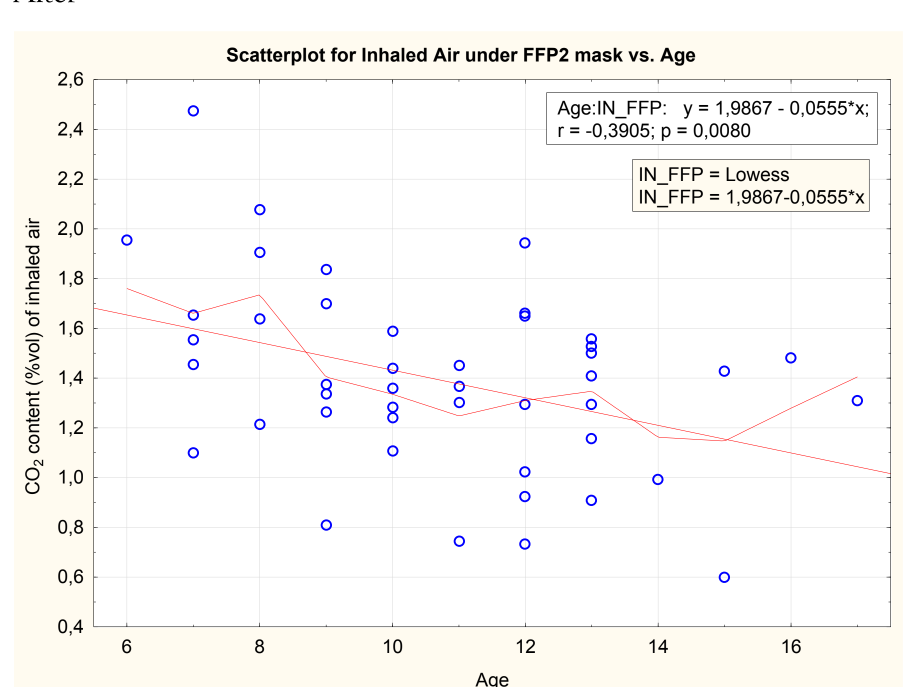
	Mittelwert (SD) [95% CI]	Minimum	Maximum
Baseline Prä (n=45)	0.268 (0.108) [0.235; 0.300]	0.1	0.628
Baseline Post (n = 39)[$]	0.281 (0.105) [0.247; 0.316]	0.1	0.525
*Eingeatmete Luft unter OP Maske (n = 45)	1.312 (0.384) [1.197; 1.427)	0.577	2.554
*Eingeatmete Luft unter FFP2 (n = 45)	1.391 (0.374) [1.279; 1.504]	0.6	2.475
[&]Ein- und ausgeatmete Luft OP Maske (n = 45)	2.650 (0.486) [2.504; 2.796]	1.33	3.41
[&]Ausgeatmete Luft OP Maske (n = 44)	3.847 (0.678) [3.641; 4.053]	1.783	4.754
[&]Ein- und ausgeatmete Luft FFP2 Maske (n = 45)	2.677 (0.386) [2.561; 2.793]	1.66	3.418
[&]ausgeatmete Luft FFP2 (n = 45)	3.846 (0.547) [3.682; 4.011]	2.592	5.24
CO_2 Gehalt der Umgebungsluft	0.074 (0.003) [0.073; 0.075]	0.067	0.083

Legende: * Hauptzielkriterium; [$] Post-Baseline fehlt bei 6 Kindern, weil sie nach den Messungen der Masken keine weitere Messung mehr wollten; [&] zusätzliche Messungen des CO_2 Gehalts unter den Masken in der ausgeatmeten Luft und der gemeinsamen ein- und ausgeatmeten Luft

Wir überprüften potenzielle Korrelationen von Basisvariablen mit dem Outcome. Nur das Alter war signifikant korreliert (siehe Abbildung). Daher nahmen wir das Alter als Kovariate in das Modell auf. Das lineare Modell zeigte einen starken Effekt (partielles $eta^2 = 0.43$; $p < .001$). Kontraste zeigten, dass dieser Effekt auf den Unterschied zwischen der Baseline und beide Masken gemeinsam zurückgeht und der Unterschied zwischen den Masken nicht signifikant ist.

Wir maßen zwischen 13’120 und 13’910 ppm CO_2 im Durchschnitt in der Einatemluft unter OP- und FFP2-Masken. Dies ist um den Faktor 6 höher als das, was das Umweltbundesamt als inakzeptabel bezeichnet. Dieser Wert wird nach 3 Minuten unter der Maske erreicht. Kinder tragen diese Maske in Schulen im Durchschnitt 270 Minuten lang[3]. Die Abbildung zeigt, dass sogar das Kind mit dem niedrigsten CO_2-Wert 3-fach über dieser Grenze von 0.2 Vol% liegt.[4] Das jüngste Kind hatte die höchsten Werte, ein 7 jähriges Kind, das Werte von 25.000 ppm aufwies.

Abbildung - Scatterplot des CO_2 Gehaltes (%Vol) der Einatemluft unter der FFP Maske vs. Alter



Legende: Lineare Regressionslinie mit Lowess Scatterplotglättung

Diskussion

Die Studie hat Grenzen: sie maß nur kurzzeitig in einer Laborumgebung. Die Kinder waren während dieser Messung nicht mit irgendwelchen Aufgaben beschäftigt und waren vielleicht angespannt.

Allerdings lassen sich die meisten Beschwerden, über die Kinder berichten [3], sehr gut als eine Folge der erhöhten CO_2-Werte in der eingeatmeten Luft verstehen. Diese entstehen durch den Totraum in der Maske, in dem sich das ausgeatmete CO_2 bereits nach kurzer Zeit sammelt. Dieses mischt sich beim Einatmen mit frischer Luft und erhöht den CO_2-Gehalt der eingeatmeten Luft beim Tragen der Maske. Dies ist für jüngere und kleinere Kinder noch stärker sichtbar. Daher stammen die Beschwerden aufgrund einer Hyperkapnie, einem erhöhten Kohlendioxidgehalt. Eine kürzlich durchgeführte Übersicht über Studien zu dieser Frage kam zu der Schlussfolgerung, dass es deutliche Hinweise auf die unangenehmen Nebenwirkungen solcher Masken gäbe [6].

Entscheidungsträger sollten die harten Daten aus dieser experimentellen Messstudie bei ihren Entscheidungen entsprechend berücksichtigen. Kinder sollten nicht dazu gezwungen werden, Gesichtsmasken zu tragen.

Acknowledgements

Sponsoring

Diese Studie wurde von den Autoren initiiert und die MWGFD e.V. trug nur durch die Erstattung essentieller Kosten wie Fahrtkosten finanziell zu dieser Studie bei.

Die Rolle des Sponsors

Der Sponsor spielte beim Design und bei der Durchführung der Studie keine Rolle.

Interessenskonflikte

Keiner der Autoren hat einen Interessenskonflikt.

Data Sharing

Die Daten stehen öffentlich zur Verfügung unter https://osf.io/yh97a/?view_only=df003592db5c4bd1ab183dad8a71834f.

Datenzugang und Analyse

Der PI (HW) hatte Zugang zu den Daten und übernimmt für die Stimmigkeit der Daten und die Akkuratheit der Analyse die Verantwortung

Author Contribution Statement

HW ist der guarantor der Studie. Er schrieb das Protokoll, analysierte die Daten und schrieb die erste Version des Aufsatzes.

RW ist einer von zwei ärztlichen Begleitern der Studie. Er erzeugte die ursprüngliche Studienidee, half bei der Organisation und bei der Datensammlung, sowie bei der Interpretation der Ergebnisse und bei der Abfassung des Textes.

JP war eine der Organisatoren der Studie, half bei Organisation, Durchführung, Datensammlung, Schreiben und Interpretation.

AD ist der zweite medizinische Berater. Er half bei der Datensammlung und bei der Messung, sowie beim Schreiben von Protokoll und Textfassung, sowie bei der Interpretation der Daten.

HT ist der Mess-Ingenieur. Er brachte die technische Expertise ein, führte die Messungen durch, erzeugte die ersten Daten und half bei der Vorbereitung der Daten. Er trug außerdem zur Interpretation und zur Textfassung bei.

AK war die Organisatorin vor Ort und stellte ihre Praxisräume zur Verfügung. Sie betreute Kinder und Eltern während der Studie, organisierte den Rekrutierungsprozess und half bei der Datensammlung, sowie bei der Interpretation der Daten und beim Schreiben.

SH ist der Vor-Ort Supervisor der Studie und brachte immunologische und weitere wissenschaftliche Kompetenz in die Studie ein. Er half außerdem bei Interpretation und Schreiben.

Ethik

Die Studie wurde entsprechend der Regularien der Deklaration von Helsinki durchgeführt und von der Ethik-Kommission der Universität Witten/Herdecke begutachtet und freigegeben unter Reg.Nr 2021/22.

Literatur

1. Xiao J, Shiu EYC, Gao H, et al. Nonpharmaceutical measures for pandemic influenza in nonhealthcare settings - personal protective and environmental measures. *Ermerging Infectious Diseases.* 2020;26(5):967-975.
2. Vainshelboim B. Facemasks in the COVID-19 era: A health hypothesis. *Medical Hypotheses.* 2021;146:110411-110411.
3. Schwarz S, Jenetzky E, Krafft H, Maurer T, Martin D. Corona children studies "Co-Ki": First results of a Germany-wide registry on mouth and nose covering (mask) in children. *Research Square Preprint: Non-peer-reviewed preliminary publication.* 2021.
4. Umweltbundesamt. Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft [Health assessment of carbon dioxide in air within closed rooms]. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz.* 2008;51(11):1358-1369.
5. Walach H, Weikl R, Hockertz S, et al. Is carbon dioxide content under nose-mouth covering in children without potential risks? A Measurement study in healthy children. Protocol - English Version 1.0 April 6th 2021, Open Science Foundation.
6. Kisielinski K, Giboni P, Prescher A, et al. Is a Mask That Covers the Mouth and Nose Free from Undesirable Side Effects in Everyday Use and Free of Potential Hazards? *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2021;18(8):4344.